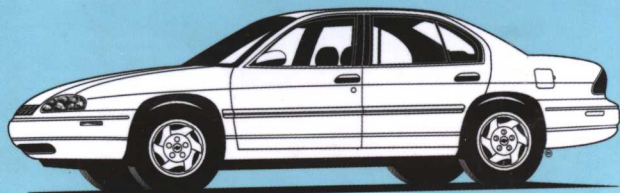
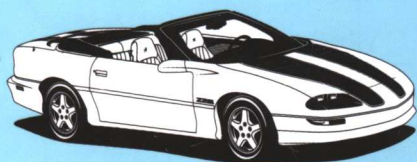


实用



汽车润滑

技术手册



王毓民 王恒 编著



化学工业出版社

实用汽车润滑技术手册

王毓民 王 恒 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

实用汽车润滑技术手册/王毓民, 王恒编著. —北京:
化学工业出版社, 2005. 6
ISBN 7-5025-7383-6

I. 实… II. ①王…②王… III. 汽车-润滑系统-技
术手册 IV. U464.137-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 070810 号

实用汽车润滑技术手册

王毓民 王 恒 编著

责任编辑: 邢 涛

责任校对: 陶燕华

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 43½ 字数 1144 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7383-6

定 价: 90.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换
京化广临字 2005—23 号

目 录

1 概述	1	1.5 汽车的类型	17
1.1 汽车在现代社会中的作用	1	1.5.1 按用途分类	17
1.2 我国汽车行业的现状	3	1.5.2 按动力装置类型分类	18
1.2.1 产销情况	3	1.5.3 按行驶道路条件分类	19
1.2.2 汽车技术的发展趋势	5	1.5.4 按行驶机构的特征分类	20
1.3 润滑油的发展与汽车技术进步	6	1.6 国产汽车产品型号编制规则	20
1.3.1 车用润滑油的升级换代	6	1.7 汽车总体构造	21
1.3.2 添加剂的现状和发展	11	1.8 车辆润滑图表	22
1.3.3 柴油机对润滑油添加剂的新要求	11	1.8.1 某轿车的润滑图和润滑油加注表	22
1.3.4 汽油机对润滑油添加剂的新要求	12	1.8.2 中型载重汽车润滑用油表	23
1.3.5 无级自动变速箱对传动液和添加剂的新要求	13	1.8.3 柴油机汽车润滑用油表	25
1.3.6 减少摩擦,改善燃料经济性	13	1.8.4 建筑机械润滑用油表	26
1.4 国内润滑油市场概况	14	1.9 摩擦、磨损、润滑的基本知识	27
1.4.1 我国润滑油市场供需现状及预测	14	1.9.1 摩擦	27
1.4.2 中国润滑油消费特点	16	1.9.2 磨损	33
		1.9.3 润滑	37
		1.9.4 润滑剂	49
		主要参考文献	54

第一篇 汽车发动机

2 汽车发动机润滑	57	2.6 发动机润滑系统的组成	71
2.1 汽车发动机的类型	57	2.6.1 润滑系统的功用	71
2.2 往复式活塞式内燃机的基本结构及基本术语	58	2.6.2 润滑方式	71
2.2.1 基本结构	58	2.6.3 润滑系统的组成及油路	75
2.2.2 基本术语	59	2.7 机油冷却器	81
2.3 往复式活塞式内燃机工作原理	60	2.8 汽车发动机(内燃机)的磨损	82
2.3.1 四冲程汽油机工作原理	60	2.8.1 发动机(内燃机)润滑特点	82
2.3.2 四冲程柴油机工作原理	62	2.8.2 发动机的磨损特点	83
2.3.3 二冲程汽油机工作原理	63	2.8.3 发动机磨损的类型	83
2.3.4 二冲程柴油机工作原理	64	2.8.4 活塞组和气缸的润滑和磨损	85
2.3.5 汽油机与柴油机、二冲程内燃机的比较	64	2.8.5 阀系的磨损	92
2.4 发动机的总体构造	65	2.8.6 轴承的润滑和磨损	93
2.5 内燃机产品名称和型号编制规则	69	主要参考文献	96
		3 润滑油基础油与添加剂	97
		3.1 基础油的作用、分类与发展趋势	97

3.1.1 润滑油基础油的作用	97	单位换算	218
3.1.2 润滑油基础油的分类	98	4.4.2 润滑油黏度与温度的关系	221
3.1.3 润滑油基础油的发展趋势	98	4.4.3 润滑油黏度及黏温性能对发动 机的影响	222
3.2 矿物油润滑油基础油	99	4.4.4 润滑油黏度与压力关系	225
3.2.1 概述	99	4.4.5 油的化学组成与黏度、黏温、 黏压性质的关系	226
3.2.2 润滑油基础油精制过程	100	4.4.6 黏度在使用上的意义	226
3.2.3 润滑油基础油的分类、规格与 理化指标	103	4.5 发动机润滑油的主要使用性能	228
3.3 天然气合成润滑油基础油	112	4.5.1 清净分散性	228
3.3.1 概述	112	4.5.2 抗腐蚀性能	232
3.3.2 天然气合成润滑油基础油的发 展前景	112	4.5.3 低温性能	233
3.4 聚 α -烯烃合成油 (PAO)	114	4.5.4 氧化安定性	237
3.4.1 聚 α -烯烃合成油的性质	114	4.5.5 润滑油的热安定性	240
3.4.2 聚 α -烯烃合成油的应用前景	114	4.5.6 润滑油的润滑性	241
3.5 环境友好润滑油基础油	116	4.5.7 抗泡沫性	244
3.5.1 环境友好润滑油的发展概况	116	4.5.8 抗乳化性	245
3.5.2 环境友好润滑油基础油的种类 及性能	117	4.6 润滑油的理化性质试验及意义	246
3.5.3 环境友好润滑油基础油的应用	121	4.6.1 黏度 (运动黏度 GB/T 265、 恩氏黏度 GB/T 266)	246
3.6 润滑油添加剂	123	4.6.2 残炭 (GB/T 268)	246
3.6.1 添加剂的分类、名称和符号	123	4.6.3 灰分 (GB/T 508)	247
3.6.2 添加剂的作用	125	4.6.4 酸值 (GB/T 264)	247
3.6.3 清净剂	126	4.6.5 总碱值 (TBN)	248
3.6.4 无灰分散剂	130	4.6.6 水溶性酸碱 (GB/T 259)	248
3.6.5 抗氧化剂及抗氧化防腐剂	133	4.6.7 机械杂质 (GB/T 511)	249
3.6.6 黏度指数改进剂	136	4.6.8 水分 (GB/T 260)	249
3.6.7 极压抗磨剂	139	4.6.9 闪点 (GB/T 267)	250
3.6.8 油性剂及摩擦改进剂	143	4.6.10 凝点 (GB/T 510)	250
3.6.9 防锈剂	145	4.6.11 腐蚀度 (GB/T 391)	251
3.6.10 降凝剂	147	4.6.12 润滑油腐蚀试验法 (SH/T 0195) (金属片试验)	253
3.6.11 乳化剂和抗乳化剂	148	4.6.13 在用润滑油中的不溶物 (GB/T 8926)	253
3.6.12 抗泡剂	149	4.6.14 用过润滑油燃料稀释度	254
主要参考文献	151	4.6.15 泡沫性质 (GB/T 12579)	255
4 汽车发动机润滑油的性能和应用	152	4.6.16 清净性 (SH/T 0259)	255
4.1 概述	152	4.7 发动机润滑油的评定方法	257
4.2 汽车发动机润滑油的作用和要求	154	4.7.1 关于润滑油发动机试验条件	258
4.2.1 发动机润滑油的作用	154	4.7.2 美国评定润滑油的发动机试验	259
4.2.2 对发动机润滑油的性能要求	156	4.7.3 欧洲评定润滑油的发动机试验	265
4.3 汽车发动机润滑油的分类和规格	158	4.7.4 我国评定润滑油的发动机试验	266
4.3.1 我国汽车发动机润滑油的分 类和规格	158	4.8 发动机润滑油的选用	269
4.3.2 国外汽车发动机润滑油的分 类和规格	181	4.8.1 黏度级号的选择	269
4.4 润滑油的黏度及使用上的意义	218	4.8.2 发动机润滑油质量等级的选择	273
4.4.1 润滑油黏度的定义、种类及		4.8.3 使用中应注意的问题	276

4.9 发动机润滑油的更换	280	5.3.2 冷却系统的布置及冷却风扇	314
4.9.1 发动机润滑油的报废标准	280	5.4 冷却液的作用	314
4.9.2 发动机润滑油的换油周期	284	5.4.1 冷却作用	314
4.9.3 在用油的快速检测方法	287	5.4.2 防腐作用	314
4.9.4 发动机油的现代检测方法	288	5.4.3 防垢作用	315
4.9.5 汽油机油长寿化和 SJ 级油	289	5.4.4 防冻作用	315
4.10 二冲程汽油发动机润滑油	291	5.5 冷却液的组成	315
4.10.1 二冲程汽油发动机的润滑特点	291	5.5.1 水	316
4.10.2 二冲程汽油机油的规格	291	5.5.2 防冻剂	316
4.10.3 二冲程汽油机的评定方法	295	5.5.3 添加剂	316
4.10.4 二冲程汽油机油的选用	297	5.6 冷却液的分类	317
4.11 国内润滑油供需情况预测	297	5.6.1 按照基础液类型分类	317
4.11.1 汽车产销结构	297	5.6.2 按照缓蚀剂组成分类	318
4.11.2 汽车用油质量等级	298	5.6.3 按照使用寿命分类	318
4.11.3 车用润滑油需求预测	299	5.6.4 按照使用的发动机负荷分类	318
主要参考文献	301	5.7 轻负荷发动机冷却液	318
5 发动机冷却系统与冷却液	302	5.7.1 乙二醇型冷却液	319
5.1 冷却系统的功用及组成	302	5.7.2 丙二醇型冷却液	324
5.1.1 冷却系统的功用	302	5.7.3 轻负荷发动机冷却液的性能测试方法	327
5.1.2 水冷系统的组成	302	5.7.4 各汽车公司对轻负荷冷却液的性能要求及规范	329
5.2 水冷系统主要部件的构造	304	5.8 重负荷发动机冷却液	338
5.2.1 散热器	304	5.8.1 概述	338
5.2.2 冷却风扇	307	5.8.2 重负荷发动机冷却液的类型	339
5.2.3 节温器	310	5.8.3 重负荷发动机冷却液的性能测试方法	340
5.2.4 水泵	311	5.8.4 重负荷发动机冷却液产品规范	340
5.2.5 变速器机油冷却器	313	主要参考文献	345
5.3 风冷系统	313		
5.3.1 风冷发动机的特点	313		

第二篇 汽车传动系统

6 汽车传动系统概述	349	6.3 汽车传动系统的类型	353
6.1 汽车传动系统的组成和功能	349	6.3.1 液力式传动系统	353
6.1.1 组成	349	6.3.2 电力式传动系统	354
6.1.2 功能	349	6.4 离合器	356
6.2 汽车传动系统的布置方案	351	6.4.1 离合器的功用	356
6.2.1 发动机前置后轮驱动 (FR) 方案	351	6.4.2 摩擦离合器的工作原理	356
6.2.2 发动机前置前轮驱动 (FF) 方案	351	6.4.3 对摩擦离合器的基本性能要求	357
6.2.3 发动机后置后轮驱动 (RR) 方案	351	6.4.4 摩擦离合器类型	358
6.2.4 发动机中置后轮驱动 (MR) 方案	352	6.4.5 离合器液压式操纵机构与用油	358
6.2.5 全轮驱动 (nWD) 方案	353	6.5 变速器与分动器	360
		6.5.1 变速器的功用和类型	360
		6.5.2 普通齿轮变速器	361
		6.5.3 组合式变速器和润滑	362
		6.5.4 分动器	363

6.6 驱动桥	365	7.8.5 在用齿轮油的更换	411
6.6.1 单级主减速器	366	7.8.6 汽车变速器、后桥差速器的 锈蚀	411
6.6.2 双级主减速器	370	7.8.7 车辆齿轮油的近期发展	411
6.6.3 轮边减速器	371	7.8.8 其他使用问题	412
6.7 汽车传动系统用油部位	371	主要参考文献	413
主要参考文献	371	8 液压油 (液)	415
7 汽车齿轮油	372	8.1 概述	415
7.1 概述	372	8.1.1 液压系统的组成	415
7.2 汽车齿轮润滑的特点	374	8.1.2 液压系统的优缺点	416
7.2.1 齿轮油的工作温度	374	8.2 液压系统对液压油的要求	417
7.2.2 齿面接触压力及滑移速度	374	8.2.1 适宜的黏度	417
7.2.3 双曲线齿轮的润滑类型	375	8.2.2 润滑性能良好	418
7.2.4 极压剂在齿轮润滑中的应用	375	8.2.3 抗氧化性好	418
7.3 齿轮润滑油的性质	377	8.2.4 抗剪切安定性好	418
7.3.1 对齿轮润滑油的基本要求	377	8.2.5 防腐蚀性好	418
7.3.2 对齿轮润滑油性能的具体要求	378	8.2.6 抗乳化性好	418
7.4 国外汽车齿轮油的分类和规格	381	8.2.7 抗泡沫性好	419
7.4.1 齿轮油分类	381	8.2.8 油的清净性好	419
7.4.2 汽车齿轮油规格	382	8.2.9 对密封材料的影响小	419
7.4.3 汽车齿轮油的质量	385	8.3 液压油的使用性能	419
7.5 汽车齿轮油的评定方法	391	8.3.1 抗磨性	419
7.5.1 流动性	391	8.3.2 抗氧化安定性	420
7.5.2 润滑试验	391	8.3.3 抗乳化性	420
7.5.3 氧化安定性	394	8.3.4 抗剪切安定性	420
7.5.4 抗腐蚀及防锈性	394	8.3.5 抗泡沫性	421
7.5.5 起泡性	394	8.3.6 抗燃性	421
7.5.6 密封材料适应性	394	8.3.7 抗橡胶溶胀性	421
7.5.7 剪切安定性	395	8.3.8 防锈性	421
7.6 汽车齿轮油的使用性能	395	8.4 液压油的分类	421
7.6.1 齿轮、轴承的损伤和润滑	395	8.4.1 矿物油型和合成型液压油	423
7.6.2 关于齿轮油的油温	397	8.4.2 液压油技术条件	430
7.6.3 关于齿轮油量问题	398	8.5 液压液的选用	435
7.6.4 混入杂质和水的问题	398	8.5.1 正确选用液压油的依据	435
7.6.5 噪声问题	399	8.5.2 液压油的更换与管理	439
7.6.6 低温操纵性	399	8.6 汽车液力传动油	440
7.6.7 齿轮油的使用期	400	8.6.1 液力传动油概述	440
7.6.8 燃料经济性	400	8.6.2 液力传动的原理及优缺点	441
7.7 汽车齿轮油的分类和规格	401	8.7 汽车液力传动油的性质和组成	441
7.7.1 我国汽车齿轮油的分类方案	401	8.7.1 主要质量要求	442
7.7.2 我国车辆齿轮油规格	403	8.7.2 液力自动传动油的组成	444
7.7.3 车辆齿轮油的选用	405	8.8 液力传动油的规格	446
7.8 与车辆齿轮油有关的使用问题	408	8.8.1 国外液力传动油的规格	446
7.8.1 磨合期换油及使用中齿轮损伤	408	8.8.2 国内液力传动油规格	451
7.8.2 用油不当所引起的故障	409	8.9 液力传动油的使用性能	452
7.8.3 车辆齿轮油的管理	410	8.9.1 低温特性	452
7.8.4 伪劣齿轮油的鉴别	410		

8.9.2 高温黏度	452	8.9.4 氧化安定性	454
8.9.3 摩擦特性	453	主要参考文献	454

第三篇 汽车行驶系统

9 汽车行驶系统概述	457	11.3.1 润滑液体	480
9.1 汽车行驶系统的基本功能	457	11.3.2 稠化剂	482
9.1.1 轮式汽车行驶系统	457	11.3.3 添加剂	484
9.1.2 半履带式汽车行驶系统	458	11.4 润滑脂的分类和制备	487
9.1.3 全履带式汽车	458	11.4.1 国标中对润滑脂的分类	487
9.1.4 车轮-履带式汽车	458	11.4.2 按稠化剂类型的润滑脂分类	488
9.2 车架	459	11.4.3 润滑脂的制备	490
9.2.1 边梁式车架	459	11.5 润滑脂的主要质量指标及其在使用 上的意义	490
9.2.2 中梁式车架	461	11.5.1 润滑脂的评定步骤	490
9.2.3 综合式车架和承载式车身	461	11.5.2 实验室常用项目及其在使用上 的意义	491
9.3 车桥车轮	462	11.6 润滑脂的特点及使用	497
9.3.1 车桥	462	11.6.1 润滑脂的特点	497
9.3.2 车轮与轮胎	464	11.6.2 润滑脂的应用范围	504
9.4 悬挂	467	11.7 润滑脂的选用原则	505
9.4.1 悬架的功用和组成	467	11.7.1 选用润滑脂应考虑的主要 因素	506
9.4.2 弹性组件	468	11.7.2 润滑脂的添加量和使用寿命	510
9.4.3 减震器	468	11.7.3 轮毂轴承用润滑脂	511
9.4.4 非独立悬挂	468	11.8 润滑脂在汽车上的应用	512
9.4.5 独立悬架	468	11.8.1 汽车轮毂轴承中脂的应用	512
9.5 汽车行驶系统润滑部位及所用油脂	470	11.8.2 底盘和操纵系统中润滑脂 的应用	513
9.5.1 汽油汽车行驶系统润滑部位及 用油	470	11.8.3 汽车电器机泵轴润滑脂的 应用	514
9.5.2 柴油汽车行驶系统润滑部位用 油及换油里程	470	11.8.4 汽车车身附件上润滑脂的 应用	515
主要参考文献	470	11.8.5 国产 7903 号耐油密封润滑脂在 汽车上的应用	516
10 减震器的结构与润滑	471	11.8.6 润滑脂在国产中型载重车上的 应用	516
10.1 减震器的作用原理	471	11.8.7 汽车润滑脂的发展概况	517
10.2 减振器的分类	472	11.8.8 空轂润滑	518
10.2.1 双向作用筒式减振器	472	11.8.9 汽车底盘润滑脂	519
10.2.2 新型减振器	474	11.8.10 润滑脂的加注及更换周期	521
10.3 减振器油及阻尼油	476	11.9 润滑脂的使用与管理	522
主要参考文献	477	11.9.1 钢铁工业用润滑脂	522
11 汽车润滑脂	478	11.9.2 精密轴承用润滑脂	523
11.1 润滑脂的结构特点	478	11.9.3 食品机械用润滑脂	523
11.1.1 润滑脂的定义	478	11.9.4 汽车轮毂采用空轂润滑	523
11.1.2 润滑脂的内部结构	478		
11.1.3 润滑脂结构特点	479		
11.2 润滑脂的使用性能	479		
11.2.1 润滑脂的触变性	479		
11.2.2 使用润滑脂的优点和局限性	479		
11.3 润滑脂的组成	480		

11.9.5 合成油润滑脂的类型与使用 温度	524	11.9.8 润滑脂使用中质量变化与 判断	524
11.9.6 润滑脂储存变硬后的应用与 处理	524	11.9.9 轴承润滑脂的失效	524
11.9.7 不同类型润滑脂的混合	524	11.9.10 润滑脂的储存	525
		主要参考文献	525

第四篇 汽车制动系统与汽车转向系统

12 汽车制动系统与制动液	529	12.8.2 制动液的规格	547
12.1 概述	529	12.8.3 国外汽车制动液的发展与 规格	561
12.1.1 制动系统的工作原理	530	12.9 汽车制动液使用与管理	566
12.1.2 制动系的组成	531	12.9.1 制动液的使用	566
12.1.3 制动系的类型	532	12.9.2 制动液的正确使用与管理	567
12.1.4 液压传动与气压传动	532	主要参考文献	569
12.2 制动器	534	13 汽车转向系统与润滑	570
12.2.1 行车制动器	535	13.1 汽车转向系的类型和组成	570
12.2.2 驻车制动器	538	13.1.1 机械转向系	570
12.3 制动传动机构	538	13.1.2 动力转向系	571
12.3.1 液压式简单传动机构	538	13.2 转向器	571
12.3.2 全液压力传动机构	539	13.2.1 齿轮齿条式转向器	572
12.3.3 制动主缸	539	13.2.2 循环球式转向器	572
12.3.4 制动轮缸	542	13.2.3 蜗杆曲柄指销式转向器	572
12.4 伺服制动系统	542	13.3 转向操纵机构	573
12.5 制动系统常见故障及维修	543	13.3.1 转向操纵系统的组成和布置	573
12.5.1 单个制动器拖滞	543	13.3.2 转向盘	574
12.5.2 全部制动器拖滞	543	13.3.3 转向轴和转向柱管的吸能 装置	574
12.5.3 制动“发软”	543	13.4 转向传动机构	575
12.5.4 制动过程中有噪声	543	13.4.1 与非独立悬架配用的转向传 动机构	575
12.5.5 制动跑偏	543	13.4.2 与独立悬挂配用的转向传动 机构	575
12.6 汽车制动液	544	13.5 动力转向系	575
12.6.1 概述	544	13.5.1 常压式液压动力转向系	576
12.6.2 汽车制动液的作用	544	13.5.2 常流式液压动力转向系	576
12.7 汽车制动液的主要性能要求	545	13.6 转向系统的润滑	577
12.7.1 保证制动迅速而准确	545	13.6.1 轴承润滑	577
12.7.2 保证制动安全可靠	545	13.6.2 机械式转向系统润滑	577
12.7.3 化学安定性好	545	主要参考文献	578
12.7.4 皮碗膨胀率小	546		
12.7.5 腐蚀要合格	546		
12.7.6 不产生分层和沉淀	546		
12.8 汽车制动液的分类和规格	546		
12.8.1 制动液的分类	546		

第五篇 其他润滑

14 钢丝绳和链条的润滑	581	14.2 钢丝绳的润滑	581
14.1 钢丝绳的摩擦、磨损	581	14.2.1 钢丝绳润滑剂应有的性能	581

14.2.2 制造时的润滑	582	15.6 固体润滑机理	599
14.3 链条的润滑	584	15.6.1 固体润滑膜的形成	599
14.3.1 链条的类型	584	15.6.2 摩擦聚合膜	599
14.3.2 链传动装置的摩擦与磨损	585	15.6.3 固体润滑膜的转移	600
14.3.3 传动链对润滑剂的要求和 选用	585	15.7 固体润滑膜的性能	600
14.3.4 链条润滑方法的选择	586	15.7.1 润滑特性	601
主要参考文献	587	15.7.2 摩擦特性	602
15 固体润滑	588	15.7.3 温度特性	603
15.1 概论	588	15.7.4 气氛特性	603
15.1.1 定义与重要意义	588	15.7.5 磨损特性	604
15.1.2 固体润滑剂的作用	589	15.8 常用固体润滑材料	605
15.1.3 固体润滑剂是高新技术产物	589	15.8.1 石墨	606
15.1.4 固体润滑发展了润滑技术	589	15.8.2 二硫化钼	610
15.1.5 固体润滑提高了经济效益	590	15.9 其他常用固体润滑材料	617
15.2 固体润滑剂适用的环境与工况	591	15.9.1 层状结构固体润滑材料	617
15.2.1 可代替润滑油脂	591	15.9.2 氟化物润滑材料	619
15.2.2 增强或改善润滑油脂的性能	591	15.9.3 氧化物润滑材料	619
15.2.3 运行条件苛刻的场合	591	15.9.4 其他耐高温润滑材料	620
15.2.4 环境条件很恶劣的场合	592	15.9.5 软金属润滑材料	621
15.2.5 环境条件很洁净的场合	592	15.9.6 高分子润滑材料	622
15.2.6 无需维护保养的场合	592	主要参考文献	624
15.3 固体润滑剂的特性和优缺点	592	附录 1 润滑技术常用名词术语	625
15.3.1 固体润滑剂的特性	592	附录 2 车用润滑油常用缩略语一览表	638
15.3.2 使用固体润滑剂的优缺点	594	附录 3 我国润滑油添加剂一览表	641
15.4 固体润滑剂的种类	594	附录 4 国内外润滑油脂品种对照	652
15.4.1 软金属类固体润滑剂	594	附录 5 往复式内燃机零部件和系统术语 (润滑系统部分)	667
15.4.2 金属化合物类固体润滑剂	595	附录 6 往复式内燃机零部件和系统术语 (冷却液部分)	672
15.4.3 无机物类固体润滑剂	595	附录 7 世界主要石油公司代号及全称	677
15.4.4 有机物类固体润滑剂	595	附录 8 运动黏度单位换算	678
15.5 固体润滑剂的使用	595	附录 9 柴油机油换油指标	679
15.5.1 固体润滑剂的使用方法与使用 性能	595		
15.5.2 固体润滑剂的选用原则	598		

1 概述

1.1 汽车在现代社会中的作用

汽车是最重要的现代化交通工具。汽车也是数量最多、最普及、活动范围最广泛、运输量最大的交通工具。在现代社会中,没有哪种交通工具可与汽车的作用相媲美。火车和轮船虽然装载量大,但只能沿一定的线路(铁路或水路)行驶,需要在固定地点(火车站或码头)装运乘客或货物。飞机适用于长距离快捷的运输,但也需要有固定的机场。也就是说,火车、轮船、飞机只能在“点”和“线”上发挥作用,不可能到达城乡每个角落。汽车运输则是在“面”上发挥作用,并且可以实现“门对门”的便利。正因为如此,汽车在过去数十年中已迅速发展成为最主要、最受青睐的交通工具。

目前,全世界汽车保有量超过 7.05 亿辆,2010 年将达 9.13 亿辆,按全世界人口平均 9 人就拥有 1 辆,其中轿车最多,占总保有量的 80% 左右。美国汽车普及率最高,平均 1.3 人拥有 1 辆;欧洲、日本等发达地区和国家,平均 2~3 人拥有 1 辆;俄罗斯、韩国等国家平均约 10 人拥有 1 辆。轿车之所以如此普及,皆因它是“最适意”的交通工具。有了自己的轿车,就可以不受公共交通工具的行驶路线和时刻表的限制,随意在任何时间驾车到任何地方——亦即轿车完全能够便利地与个人活动紧密合拍,大大地提高了工作效率并加快了生活节奏。汽车扩大了人的活动范围和相互交流,使社会变得丰富多彩。汽车还促进了公路建设和运输繁荣,改变了城市的面貌和布局,有助于各地区经济文化交流和偏远落后地区的开发。

社会对汽车不断增长的要求,促使汽车工业生产日益繁荣。一辆汽车有上万个零件,由钢铁、有色金属、工程塑料、橡胶、玻璃、纺织品、木材、涂料等繁多材料制成;应用冶炼、铸造、锻压、机械加工、焊接、装配、涂装等许多工艺技术制成;涉及冶金、机械制造、化工、电子、电力、石油、轻工等工业部门,汽车的销售和营运还涉及金融、商业、运输、旅游、服务等第三产业。可以断言没有哪个行业与汽车完全无关。此外,汽车工业也给社会带来了许多就业机会——日本的汽车制造、销售、劳动等行业职工人数占全国就业人数的 1/10,美国和德国的这个比率更高,占 1/6。汽车工业的发展无疑会促进各行各业的繁荣兴旺,带动整个国民经济的发展。汽车工业又是经济效益很高的产业。在发达国家中,许多著名的汽车企业在世界企业排行榜中(按总销售额排列)均名列前茅,汽车工业产值约占国民经济总产值 8%,占机械工业总产值 30%,其实力足以左右国民经济的动向。因此,世界各个发达国家几乎无一例外地把汽车工业作为国民经济的支柱产业。

随着世界经济一体化的快速发展,汽车制造业和国际石油公司的行业联盟也加快了一体化的进程,一些跨国集团相继诞生。以汽车制造业为例,世界范围内的主要汽车制造商紧密

协作，特别是在 2001 年国际汽车产业进行了不同程度的调整，如客车制造领域的戴姆勒/克莱斯勒、通用/五十铃/铃木/富士、福特/马自达/沃尔沃、雷诺/尼桑、现代/起亚、通用/绅宝、通用/菲亚特、戴姆勒/克莱斯勒/三菱、雷诺/三星、兰德/罗孚、通用/大宇；商用车领域的戴姆勒/克莱斯勒、雷诺/尼桑、丰田/日野、大众/斯堪尼亚、沃尔沃/三菱、沃尔沃/雷诺等联盟。全球化的趋势使汽车行业面临一个更加开放、更加相互依赖、更加市场化的世界，世界汽车工业发展态势更加清晰，就是从汽车产品的全球化已经走向全球生产的一体化，从而导致全球汽车巨头并购和重组；还有随着全球生产一体化的进展，生产产业链的全球配置已经形成新的分工协作体系。因此在全球化汽车产业体系中，特别是在目前汽车工业全球重组、并购以后，若想在个国家建立一个完整的、独立的汽车产业体系，这种可能性几乎微乎其微。以美国汽车市场为例，60%的重型卡车(>15t)都是由欧洲汽车制造商控制，而在欧洲市场上，近 35%的汽油机是由美国的汽车制造商提供，由此可见，国家或地区的汽车生产厂家的概念正在由全球汽车生产商所代替。

美国是汽车生产和消耗的大国，2003 年共销售新车 1660 万辆，其中轿车 760 万辆，轻卡近 900 万辆，2004 年销售新车超过 1700 万辆。美国近年以来新车销售情况见图 1-1 和图 1-2。2003 年与 2002 年相比 OEM (Original Equipment Manufacturer 原产设备制造商) 在轻型车的市场占有率的变化见图 1-3，说明欧洲品牌和亚洲品牌都在增加。美国在 2003 年销售量最大的几种品牌见图 1-4。

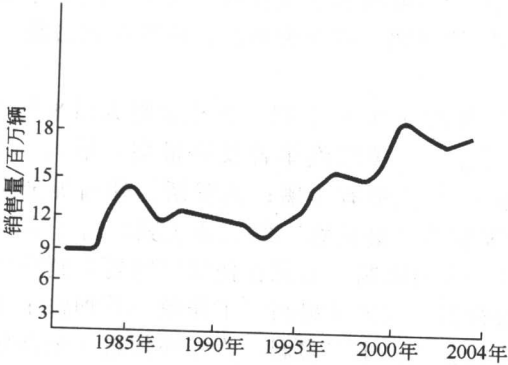


图 1-1 近年美国新车销售
2003 年 1660 万辆
2004 年大于 1700 万辆

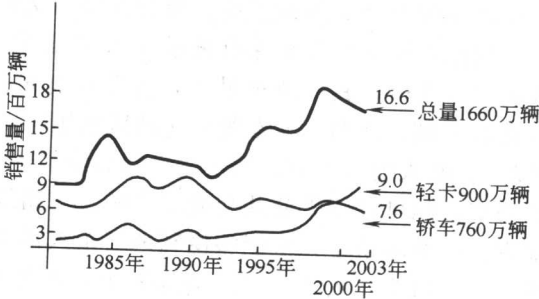


图 1-2 近年美国轻卡、轿车的销售

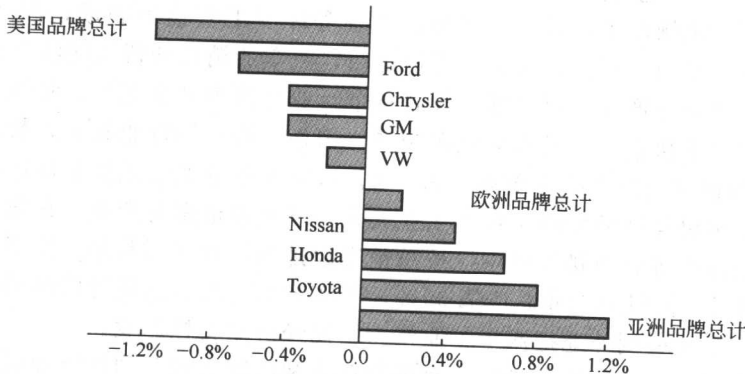


图 1-3 2003 年与 2002 年相比较，OEM 在轻型车市场上的占有率变化情况

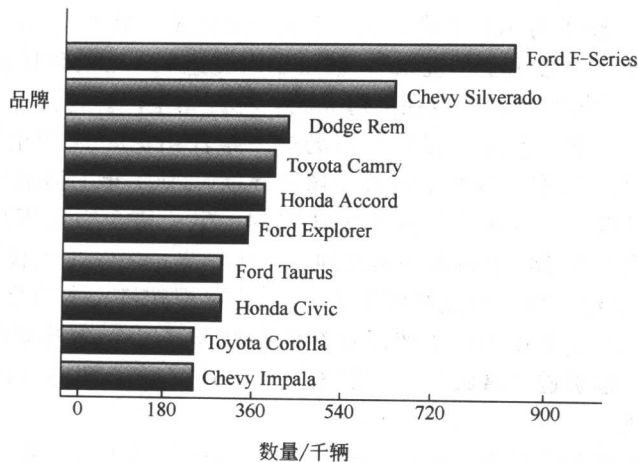


图 1-4 2003 年度美国汽车市场销售最多的汽车

润滑油作为汽车工业的血液一直伴随着汽车工业的发展而进步，而汽车工业的发展及相关法规的实施是润滑油升级换代的驱动力，具体表现在：对汽车的排放要求日益严格；要求更高的燃油经济性；OEM 不断要求长的换油期；汽车新技术的出现如汽油机的直喷技术、柴油机的废气再循环技术给润滑油注入新的性能。此外，发动机趋向于大的输出功率，体积变小，压缩比增加，发动机工作温度升高。这些发展和性能的提高使润滑油工业的成本大幅度地提高，使国际石油公司也要通过扩大经济规模得以生存和发展。

与此同时，汽车也给社会带来一些不易解决的难题：汽车数量增多导致交通拥塞和停车场短缺，汽车碰撞事故频繁造成全世界每年 40 多万人死亡和 1200 万人受伤。7 亿多辆汽车耗能巨大，每年需要 10 多亿吨燃油，超过世界石油年产量的 1/3。这些燃油燃烧后约生成 0.6 亿吨有害气体（其体积 400 亿立方米），严重污染环境。由此可见，行车安全、节约能源和环境保护已成为当前汽车技术亟待解决的三大重要课题。近年来，经过不懈的研究和努力，治理这些问题的工作已取得明显的成绩。

由于汽车对人类社会有如此重大的影响，汽车理所当然地受到普遍关注，使汽车有关的意识形态及其表现形式蓬勃发展。例如专业工作者的设计与研究、销售者的广告宣传、有关汽车的文艺创作，广大群众亦对汽车发生了浓厚的兴趣，其中不乏众多的车迷和收藏家，而汽车竞赛和博览会更是观众如潮、门庭若市。在社会中，构成了一种独特的“汽车文化”。

1.2 我国汽车行业的现状

1.2.1 产销情况

随着国际汽车跨国公司的调整和整合，在中国加入 WTO 的背景下，中国汽车企业展开了大规模的全球化战略。根据国际汽车制造商协会（OICA）的统计，2001 年全世界汽车总产量为 5577 万辆，其中中国生产了 247 万辆，不到 5%，仅仅相当于通用汽车一家公司全球产量的一半，而且这些国产车中还包括了相当数量的合资车型，像红旗、奇瑞、中华这样真正拥有自主知识产权的车型相当少，相比之下，从 2000 年开始，跨国汽车公司密集推出

新的车型抢滩中国汽车市场。2001 年进口汽车 71902 辆，同比增长 80% 以上。在进口汽车中，客车为 8607 辆，轿车为 46632 辆，越野车为 10336 辆，货车为 3138 辆。

2001 年大众汽车公司推出了“宝莱”，装备了与奥迪 A6 和帕萨特相同的 1.8T 发动机，此后德国大众新开发的第四代波罗也在上海亮相，并开始生产。德国汽车在中国的多年卧薪尝胆，如今已是硕果累累，已占中国轿车市场的一半江山；2001 年上海通用推出了 GL8、G、GL 等三款新版别克轿车，再加上投放市场的赛欧，2001 年上海通用汽车产量超过 6 万辆；中日贸易战爆发以后，日本汽车战略家认识到，生产符合当地用户需求的汽车且本土化，才能在中国的汽车大市场上占领一席之地。本田、丰田纷纷扩大投资，转让项目并采取灵活的营销手段，“世纪广场”即夏利轿车 2000 销售出现转机，本田公司继续投产“雅阁”、“奥德赛”之后，于 2003 年在中国生产以现有的小型车“Fit”为基础的小轿车。法国汽车在中国的投资项目，继引进“富康”、“毕加索”后，还将引进 PSA（标致-雪铁龙集团）新的轿车平台及发动机。

伴随着国际汽车联盟的拓展，中国汽车行业在 2002 年又展开了新一轮的全球化进程。

2002 年的汽车市场异常火爆，产销量持续高速增长，2002 年 1~9 月，全国累计生产汽车 233.68 万辆，比上年同期增长 32.86%；销售汽车 238.49 万辆，比上年同期增长 33.65%。与上年同期相比，2002 年 1~9 月重型载重车继续高速增长，产销同比增长

95.45%、91.68%，轿车产销同比增长 44% 和 47%，轻型载重货车产销增长率分别是 41.97%、38.85%，大型客车增长率分别是 26.61%、22.95%，微型客车的生产和销售分别增长 18.42% 和 25.28%，而轻型汽车行业产销比同期则分别增长 16.14% 和 18.82%。2002 年 1~9 月，北京共销售汽车 19.7 万辆，其中新轿车 9.5 万辆，同比增长 25.4%。这些新车 90% 属于私家车。到 10 月，全国共生产轿车 86.08 万辆，同比增长

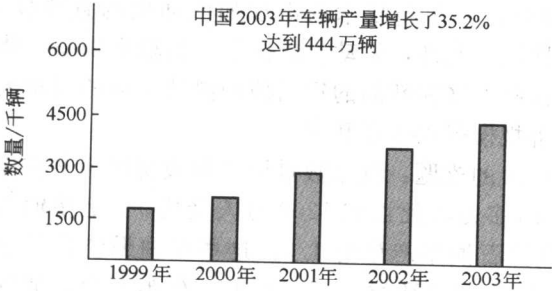


图 1-5 中国车辆历年的产量

48.63%，销售 90.81 万辆，同比增长 51.73%，到 2002 年底轿车销售已突破 110 万辆，汽车总销量达 320 万辆，2003 年增幅为 35.2% 达到 444 万辆，自 1999 年到 2003 年汽车产量增加情况见图 1-5。我国 2002~2005 年的汽车保有量预计见表 1-1。

表 1-1 2002~2005 年汽车保有量 单位：万辆

车 型	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年(预计)
微型车	418	477	542	594
轿车	685	804	923	1042
轻型车	538	575	613	662
中型车	502	491	487	487
重型车	116	144	177	219
小计	2258	2491	2743	3004
农用车	2452	2575	2703	2838
合计	4710	5065	5446	5843

注：参考《汽车工业十五规划》、《中国汽车工业 2002 年情况介绍》。

2003 年中国共销售汽车 444 万辆, 预计到 2010 年汽车的销售将突破 1000 万辆, 日本的三大汽车公司将争取在 2010 年占有 10% 的市场份额, 其中 TOYOTA 公司争取在中国争取建成 30 万辆的生产能力, HONDA 2004 年将广州本田的生产能力扩产至 24 万辆, 加上和东风的合资公司总生产能力达 32 万辆, NISSAN 同东风成立的合资公司, 计划 2006 年销售 55 万辆, 2007 年销售 62 万辆, 其中 NISSAN 品牌轿车 22 万辆, 商用东风品牌 32 万辆。

1.2.2 汽车技术的发展趋势

在今后一段时间内, 汽车技术将朝以下几个方面发展。

① 车用汽油机已广泛采用电子控制技术, 逐步淘汰传统的汽化器, 采用单点、多点电子喷射系统及缸内直喷技术。气门也由传统的 2 气门向 3 气门、4 气门甚至 5 气门方向发展。采用稀薄燃烧来降低燃油消耗和 NO_x 的排放, 采用高辛烷值的无铅汽油等。

② 车用柴油机主要采用多气门、增压中冷、高压喷射技术、电控技术、排气后处理技术、低硫柴油等。

③ 车用发动机的产品将走多品种系列化生产的发展道路。在制造方面将广泛采用高水平的柔性生产系统。

④ 由于空气污染和国内石油产量的增长赶不上需求的增长, 汽车行业还要致力于新能源汽车的开发, 其主要方向为电动汽车和天然气汽车。电动汽车具有污染低的明显优点, 一直是发达国家研究的重点, 其成功的关键在于单元技术, 如燃料电池、电机、电控、充电等。天然气及液化石油气汽车同样具有大幅度降低空气污染的优点, 其最大优点是运行费用低, 燃料费用明显低于燃油汽车, 因此具有实用性。电动汽车和天然气汽车都应大力开展研究工作, 并及时走向产业化。

根据现有产品水平和国内外市场需求发展趋势, “十五” 期间农用柴油机技术有很大的发展。就单缸柴油机而言, 当前我国单缸柴油机的年生产能力超过 1200 万台, 而产销量在 700 万台左右, 产品竞争异常激烈。当前单缸机技术发展的重点是加快开发与配套主机更加适应的节能和可靠性高的新一代机型。现有产品要提高可靠性、降低噪声和烟度; 下一步应推广直喷化、轻量化、多缸化。对多缸柴油机来说, “十五” 期间, 是中小缸径多缸柴油机产量迅速发展和技术水平迅速提高时期。首先应推广直喷和涡轮增压机型。直喷机型燃油消耗低、温室气体二氧化碳排放少, 冷启动性能好, 在我国燃油价格与国际接轨且将要开征燃油税以代替车辆各种费用的形势下, 油耗低将会越来越受到更多用户的欢迎。在排放方面, 如按机械行业标准 TB 8891/1999 考核, 一般不做大的改动即能达标。但作为农用运输车用时, 则有一部分产品要考虑与低档轻型汽车相融合的问题, 这意味着配套动力要达到轻型汽车的排放标准, 即欧 I 标准, 难度较大。同时, 我国农用运输车在探讨进入国际市场时也会遇到排放标准问题, 已有不少厂家为此进行攻关。一般采取的措施包括提高喷油压力, 换用国外高质量小孔径喷油器, 推迟喷油定时, 有的还降低平均有效压力, 适当减少气缸间隙和进气阀杆部加密封圈以降低机油消耗等等。这些措施比较简单易行, 成本增加也较少。目前已在某些涡流室机型上试验达到了欧 I 标准, 但关键还在生产的一致性。在现有的直喷机型上, 只靠这些措施是难以达到欧 I 标准的。采用涡轮增压对于小型多缸柴油机来说, 成本将会增加 50% 左右, 这对推广使用可能会有一定影响。此外, 由于进一步减少气缸间隙, 将涉及机体缸头等复杂大件的刚性问题, 在一些较老的机型上实现较难, 还必须开发新的机型以摆脱原设计结构的限制。

农用柴油机的技术进步给润滑油行业带来了新的发展机遇, 我国润滑油行业应从国内农用车的实际出发, 结合其技术发展趋势, 及早制定农用油标准, 满足市场需求。

1.3 润滑油的发展与汽车技术进步

1.3.1 车用润滑油的升级换代

润滑油是四大类石油产品之一，与汽车、机械、交通运输等行业的发展密切相关，与国计民生和国家安全的关系极大。因此，世界各国特别是发达国家都十分重视润滑油的生产与销售。同时，润滑油也是炼油企业展示自身形象、技术水平和整体实力的重要标志，在石油产品中最具有品牌效应，国际著名石油公司都把润滑油作为展示企业形象的重要载体。

随着世界经济日趋全球化，世界润滑油工业面临着更为复杂的市场竞争，如来自润滑油公司的兼并活动、润滑油需求区域性的巨大改变、激烈的市场竞争和利润下降的压力等。世界润滑油市场供大于求的矛盾，促使美国和欧洲将其部分生产能力转向市场潜力很大的亚太地区，而亚洲国家为支持低排放，正在积极鼓励燃料和润滑油升级，处于市场转变时期的亚洲反过来也同时影响着世界润滑油市场的发展。润滑油规格标准的建立和更新换代对润滑油的发展起到了决定性的作用。

润滑油基础油是成品润滑油的主体，在润滑油的质量提高及升级换代中发挥重要作用。特别是随着环保及节能法规的日益严格，发动机的动力性能逐渐改善，对现代润滑油的质量及性能要求越来越高，基础油的作用日益明显。加氢基础油在满足当今新一代的车用润滑油和其他高性能的润滑油使用要求过程中，得到了迅速发展，在发动机油、自动传动液中得到了广泛的应用。天然气合成润滑油基础油技术自 20 世纪 90 年代以来越来越受到人们的关注，世界大油气公司积极进行研究开发，已显示出良好的发展前景。

在现代润滑油生产中，添加剂已成为提高润滑油性能、保证油品质量的重要手段。作为一种技术含量高的精细化工产品，添加剂品种开发难度大、工艺技术复杂、生产控制指标严、研制投入大、附加值高、市场竞争十分激烈。

我国在改革开放后，国民经济发展迅速，润滑油需求量持续增长，其增长率大大超过世界其他地区。近几年我国国民经济进入增长相对平稳、产业结构加速调整时期，润滑油需求量增长减缓，中国石油天然气、中国石油化工两大集团公司由于润滑油生产能力过剩率高，供大于求加剧，同时产品结构矛盾突出，投入市场的低、中档油比例较高，基础油外销量大，不仅影响企业经济效益，也影响润滑油质量的提高。随着加入 WTO 和国内润滑油市场的进一步开放，国内大中型润滑油企业独占市场的局面随之而去，国外大石油公司纷纷进占国内高档润滑油市场，各地方及乡镇和民营企业则挤占低档油市场，并开始转向中档油市场，市场形势异常严峻。

据德国福斯（Fuchs）公司报告，1990~2002 年世界润滑油的供需如表 1-2 所列。福斯公司统计，2002 年世界润滑油的需求为 3569 万吨，同比增长 1.62%。美国是世界上润滑油需求量最大、升级换代最快、档次最高的国家，2000 年的需求量为 899.6 万吨，占世界润

表 1-2 世界润滑油的供需状况 单位：万吨/年

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
需求量 ^①	3990	3770	3780	3760	3800	3870	3840	3820	3770	3730	3780	3512	3580
生产能力 ^②			4532	4469	4425	4636	4804	4750	4589	4361	4230	4282	4285

① 均包括船用油。
② 按 1bbl/d (1 桶/日) = 53t/a 换算。

滑油总需求量的 23.8%；欧洲 2000 年的需求量为 997.9 万吨，占世界润滑油总需求量的 26.4%；亚洲的需求虽然仅次于美国和欧洲，但是多数国家升级换代不快，油品档次不高。

近十年多来，世界每单位国民生产总值（GNP）和每辆车的润滑油消费量都在减少。在 1990~1997 年间，世界 GNP 增长 48.5%，车辆增加 23.7%，但润滑油消费量却减少 5.0%，车用润滑油需求减少 6.0%；亚洲 GNP 增长 70.7%，润滑油需求量只增加 25.6%；西欧 GNP 增长 43.1%，润滑油需求量却减少 9.0%；北美 GNP 增长 39.9%，润滑油需求量只增加 2.1%。单位润滑油消费量减少的原因主要是：润滑油质量提高，换油期延长，发动机技术进步向小型化发展，润滑油用量减小，使用了非常规基础油等，这种趋势还将持续下去。

预计 2010 年世界车辆总数将从 1998 年的 7.05 亿辆增加到 9.13 亿辆，2020 年将增加到 10.86 亿辆。但同期润滑油的需求不会同步增长。预计到 2010 年只增长 2.8%，到 2020 年增长 15%。其中，到 2010 年车用润滑油将减少 5%，工业润滑油将增加 17.1%；到 2020 年车用润滑油将增加 6.0%，工业润滑油将增加 35%。

由于润滑油市场竞争激烈，通过联合、兼并、重组，润滑油生产企业已从 20 世纪 90 年代的 1700 多家减少到目前的约 1400 家，但占润滑油生产企业总数 1% 的全球最大的 15 家润滑油生产商却占有全球 60% 的市场份额，其余 99% 的润滑油生产商只占有全球 40% 的市场份额。在全球最大的 15 家润滑油生产商中，只有埃克森美孚（ExxonMobil）、壳牌（Shell）、雪佛龙德士古（加德士）[ChevronTexaco (Caltex)]、BP 嘉实多（BPCastrol）、道达尔菲纳埃尔夫（TotalFinaElf）和福斯 6 家是真正的跨国公司，而这 6 家跨国公司都已先后进入我国市场。

自 20 世纪 70 年代中期石油危机以来，为了节省燃料和减少汽车尾气污染物的排放，美国环保局（EPA）就要求汽车制造商制造效率更高、尾气污染排放减少的发动机，汽车制造商则要求油品生产商提供与发动机技术进步相适应的燃油和润滑油。经过近几十年特别是近十多年的发展，车用润滑油的质量有了很大改进和提高。美国汽油机油和柴油机油升级换代的情况见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 美国汽油机油规格的升级换代情况

API/ILSAC	执行年份	发动机试验要求	特点和用途
SX/GF-4	2005(含)以后	尚未最终确定	含磷 0.08%，满足 LEV-II 排放标准要求，用于 2004 年车型和较早的轿车、货车及轻型卡车的汽油发动机，即也可用于原使用 SL、SJ 和更早期机油的汽油发动机润滑
SL/GF-3	2001~2004	程序 IIF、IVA、V、G、VIB、VIII	含磷 0.10%，用于 2001 年车型和较早的轿车、货车及轻型卡车的汽油发动机，即也可用于原使用 SJ、SH 和更早期机油的汽油发动机润滑
SJ/GF-2	1996~2001	L-38，程序 II D、IIE、VE、VIA、IG2	含磷 0.10%，用于 1996 年车型和较早的轿车、货车及轻型卡车的汽油发动机，即也可用于原使用 SH、SG 和更早期机油的汽油发动机润滑
SH/GF-1	1994~1996	L-38，程序 IID、IIE、VE、VI	含磷 0.12%，用于 1994 年车型和较早的轿车、货车及轻型卡车的汽油发动机，即也可用于原使用 SG 和更早期机油的汽油发动机润滑